لجان الدُّفعات

PHYSIOLOGY

MORPHINE ACADEMY

PHYSIOLOGY

FACULTY OF PHARMACEUTICAL SCIENCES
DR. AMJAAD ZUHIER ALROSAN

LECTURE 8, PART (2):ACTION POTENTIAL AND CONTRACTION OF CARDIAC CONTRACTILE FIBERS

Objectives

1. Discuss **histology of cardiac muscle tissue**.
2. Discuss **action potential and contraction of contractile fibers.**
3. Describe **electrocardiogram as well as the cardiac cycle.**

(Pages 702-718, 720-726of the reference).

يحتوي القلب على اربع حجرات Chamber على الجهة اليمنى في 2chamber والجهة اليسرى 2chamber
الحجرات الي من الاعلى يسمى atrium والي من الاسفل ventricle

هسا في عنا الشريان الي لونه أحمر عشان يحمل اكسجين ومغذيات
والوريد الي لونه ازرق عشان يحمل ثاني اكسيد الكربون
وكمان الجزء اليسار من القلب نمثله باللون الاحمر لانه محمل بالاكسجين
والجزء اليمين نمثله باللون الازرق لانه محمل بثاني اكسيد الكربون

هسا الشريان بطلع من الجزء الايسر من القلب الى جميع اجزء الجسم
وبعدين برجع الوريد من خلايا الجسم الى الجهة اليمنى من القلب

اسم الوريد الي بيكون في الاجزاء العليا من الجسم يسمى superior vena cava
اسم الوريد الي بيكون في الاجزاء السفلية من الجسم يسمى inferior vena cava

حجم ventricle اكبر من حجم atriume لانه load الجهد أو القوة المطلوبة لضخ الدم عليهم اعلى

THE CARDIOVASCULAR SYSTEM: THE HEART

- The **heart contributes to homeostasis** by pumping blood through blood vessels to the tissues of the body to deliver oxygen and nutrients and remove wastes.

- The cardiovascular system consists of the blood, the heart, and blood vessels.

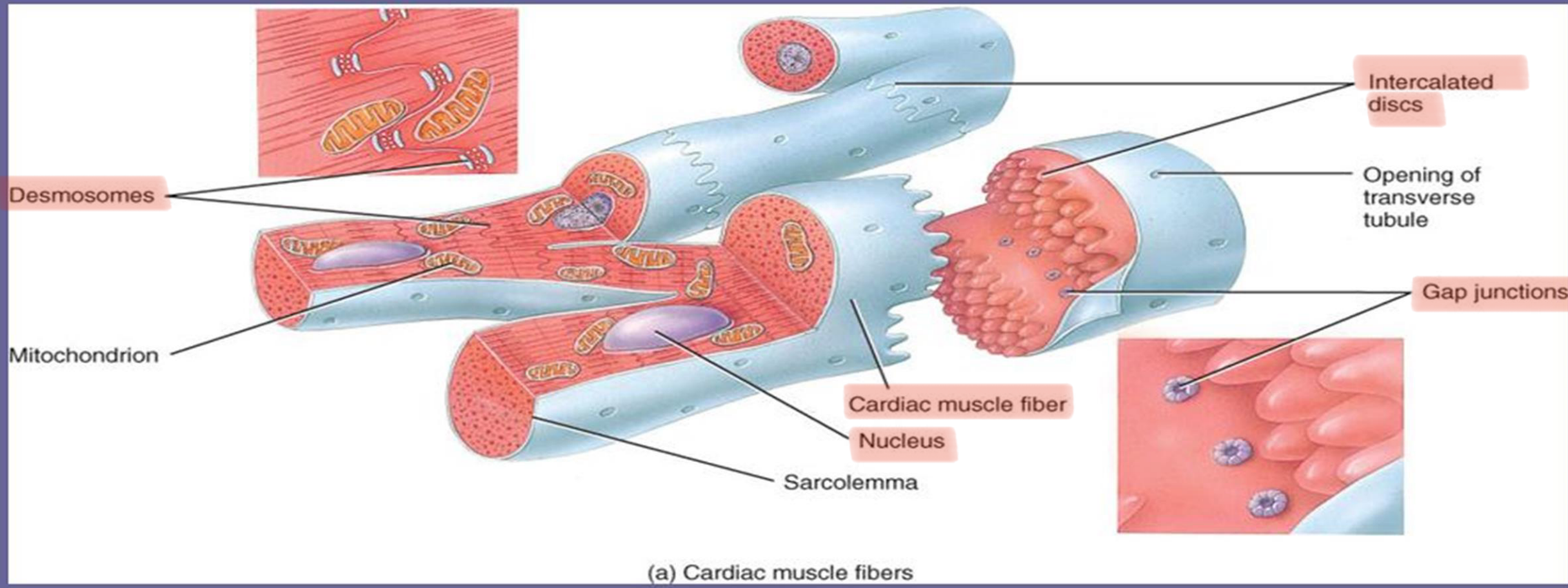
HISTOLOGY OF CARDIAC MUSCLE TISSUE

- Compared with skeletal muscle fibers, **cardiac muscle fibers are shorter** in length. They also **exhibit branching** (تفرعات), which gives individual cardiac muscle fibers a "stair-step" appearance.
- Cardiac muscle fibers connect to neighboring fibers by intercalated discs, which contain desmosomes, which hold the fibers together, and gap junctions, which allow muscle action potentials to conduct from one muscle fiber to its neighbors.
- Gap unit. junctions allow the entire myocardium of the atria or the ventricles to contract as a single, coordinated.

مقارنة

Skeletal muscle	Cardiac muscle
Semi-consciously controlled	unconsciously controlled
Chemical Synapse هي منطقة اتصال بين خليتين عصبيتين يتم فيها نقل الإشارة العصبية باستخدام نواقل كيميائية وليس عبر قنوات مباشرة.	Auto-rhythmicity هي قدرة بعض الخلايا، مثل خلايا العقد القلبية (SA node و AV node)، على إنتاج جهد الفعل Action Potential من تلقاء نفسها بدون أي تحفيز عصبي خارجي فيها Electrical synapses تحتوي على Gap junctions قنوات تسمح بانتقال الأيونات بسرعة بين الخلايا. وهذا يؤدي إلى انتشار Action Potential بين الخلايا القلبية بسرعة وتناغم.
العضلة او fiber تحتوي على اكثر من نواة	العضله او fiber تحتوي على نواة واحدة
skeletal muscle fibers are taller	cardiac muscle fibers are shorter

Cardiac Muscle Histology



(a) Cardiac muscle fibers

- Branching, intercalated discs with gap junctions, involuntary, striated, single central nucleus per cell

AUTORHYTHMIC FIBERS: THE CONDUCTION SYSTEM

- ✓ **An inherent and rhythmical electrical activity is the reason for the heart's lifelong beat.**

  الطبيعي — والمنتظم — النشاط الكهربائي

  إن هو السبب وراء نبضات القلب المستمرة مدى الحياة

- ✓ The **source of this electrical activity** is a network of specialized cardiac muscle fibers called **autorhythmic fibers** because they are **self-excitable.**

  مصدر

  قابلة للإثارة الذاتية

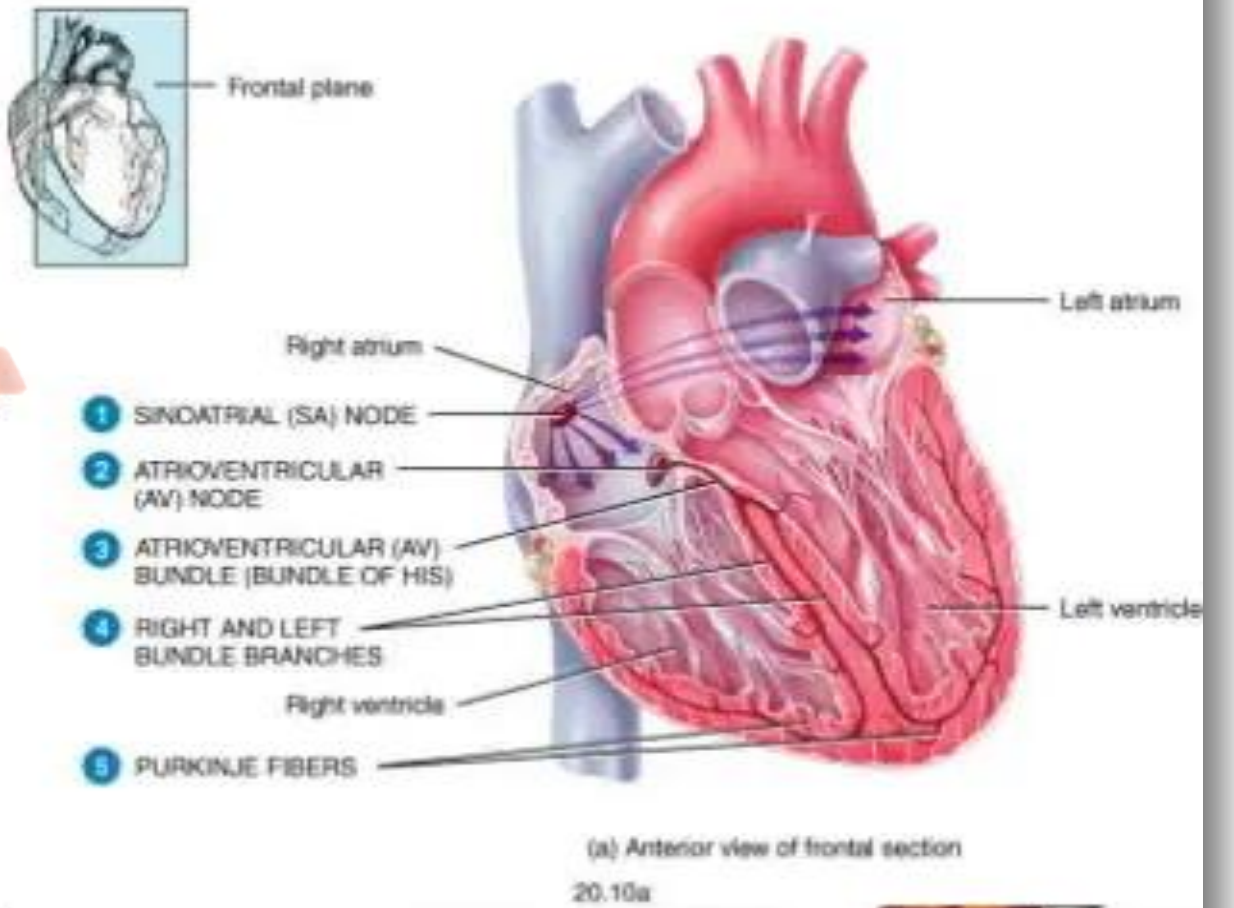
- ✓ **Autorhythmic fibers repeatedly generate action potentials that trigger heart contractions.**

  تولد بشكل متكرر

  انقباضات القلب

Locations of autorhythmic cells

- Sinoatrial node (SA node) موقعها
  Specialized region in right atrial wall near opening of superior vena cava.
- Atrioventricular node (AV node)
  Small bundle of specialized cardiac cells located at base of right atrium near septum موقعها
- Bundle of His (atrioventricular bundle)
  Cells originate at AV node and enters interventricular septum
  Divides to form right and left bundle branches which travel down septum, curve around tip of ventricular chambers, travel back toward atria along outer walls
- Purkinje fibers
  Small, terminal fibers that extend from bundle of His and spread throughout ventricular myocardium



(a) Anterior view of frontal section

20.10a

كل chamber في **Depolarization** بيكون **Contraction**
و **Hyperpolarization** او **Repolarization** بيكون **Relaxation**

اول chamber بيصب فيها الدم

هي right atrium بيكون **Repolarization**
Right atrium **Relaxation**
Right atrium **filling**
Right atrium **Diastole**

في صمام بين Right atrium و right ventricle يسمى **Tricuspid valve**
ما بفتح الا في اتجاه واحد الى الاسفل
وهون بصير لما ينتقل الدم بيعبي right ventricle

Right atrium **Depolarization**
Right atrium **Contraction**
Right atrium **Activation**
Right atrium **Systole**

Right ventricle **Relaxation**
right ventricle **filling**
right ventricle **Diastole**

في صمام بين right ventricle والرئتين في Pulmonary artery هو **Pulmonary semilunar valve**

Right ventricle **Depolarization**
Right ventricle **Contraction**
Right ventricle **Systole**

Pulmonary Circulation
الدورة التي يذهب فيها الدم إلى الرئتين ليأخذ أكسجين
الشريان Artery بيكون محمل بثاني اكسيد الكربون
الوريد Vein بيكون محمل بالاكسجين

ومن Right ventricle يدفع الدم غير المؤكسد عبر **Pulmonary semilunar valve** الى Pulmonary Artery ويذهب الرئتين ويصل الدم الى الحويصلات الهوائية Alveoli ويتم تبادل الغازات ، الدم يأخذ الاكسجين ويخرج ثاني اكسيد الكربون ويرجع الدم المؤكسد الى right veins ويدخل الى القلب في left atrium

left atrium **Repolarization**
left atrium **filling**
left atrium **Diastole**

بعدين الصمام بين left atrium و left ventricle يسمى **Bicuspid valve (Mitral valve)**

left atrium **Depolarization**
left atrium **Contraction**
left atrium **Systole**

left ventricle **filling**
left ventricle **Diastole**

وبعد ما يسكر **Bicuspid valve**

left ventricle **Depolarization**
left ventricle **Contraction**
left ventricle **Systole**

وبين left ventricle و aorta في صمام **Aortic semilunar valve**

بفتح هذا الصمام **Aortic semilunar valve** بعد ما يعمل left ventricle **Contraction** وبعدين عن طريق Aorta هو أكبر وأقوى شريان في جسم الإنسان يسمح للدم المؤكسد بالذهاب الى جميع اجزاء الجسم

Systemic Circulation
الدورة التي توصل الأكسجين إلى كل خلايا الجسم
الشريان Artery بيكون محمل بالاكسجين
الوريد Vein بيكون محمل بثاني اكسيد الكربون

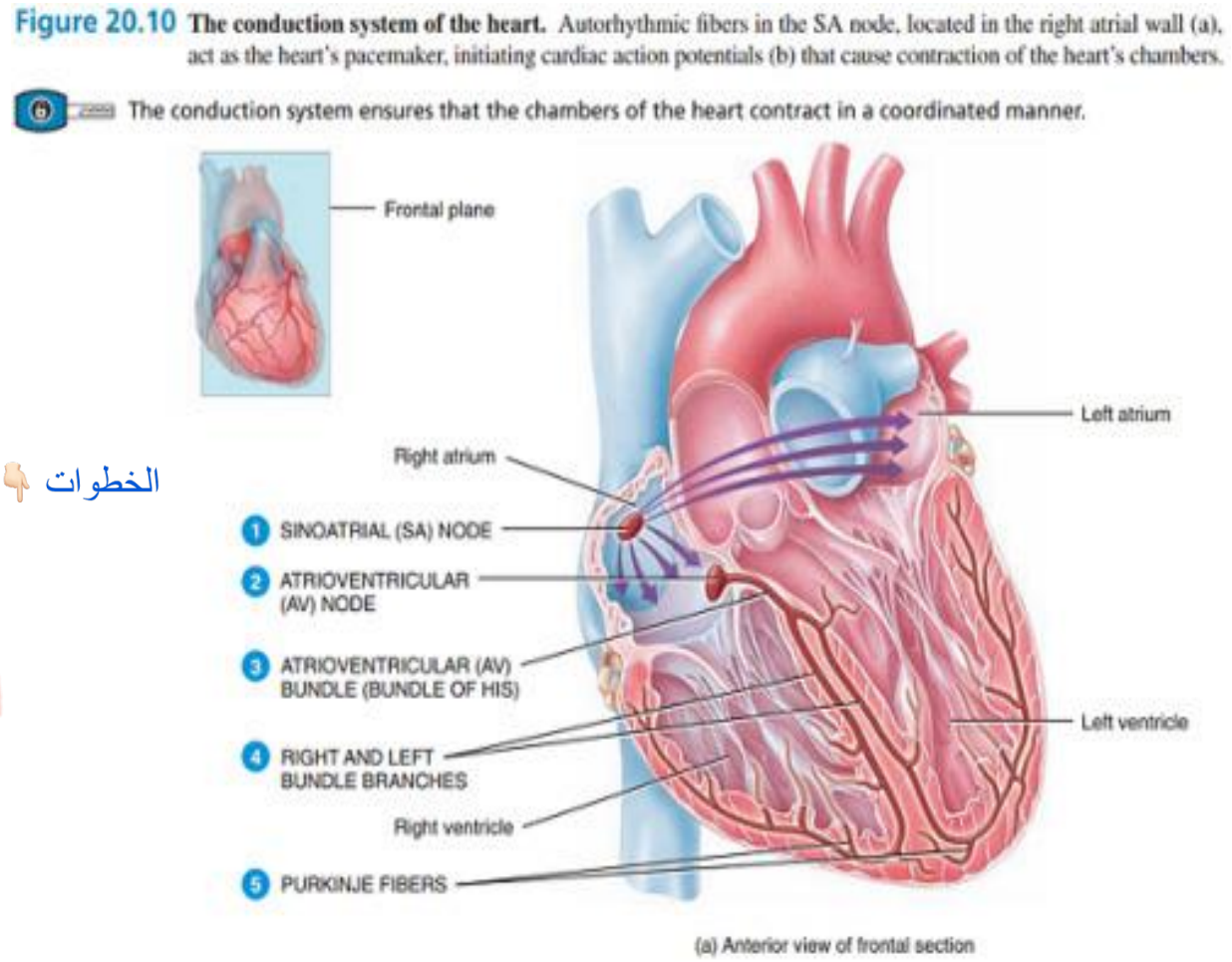
AUTORHYTHMIC FIBERS: THE CONDUCTION SYSTEM

هذه Autorhythmic fibers تعمل كمنظم لضربات القلب

1. **They act as a pacemaker (**electrical excitation that causes contraction of the heart). إثارة كهربائية تسبب انقباض القلب
2. They **form the cardiac conduction system**.
3. Cardiac action potentials propagate through the conduction system in the following sequence:

الخطوات 👇

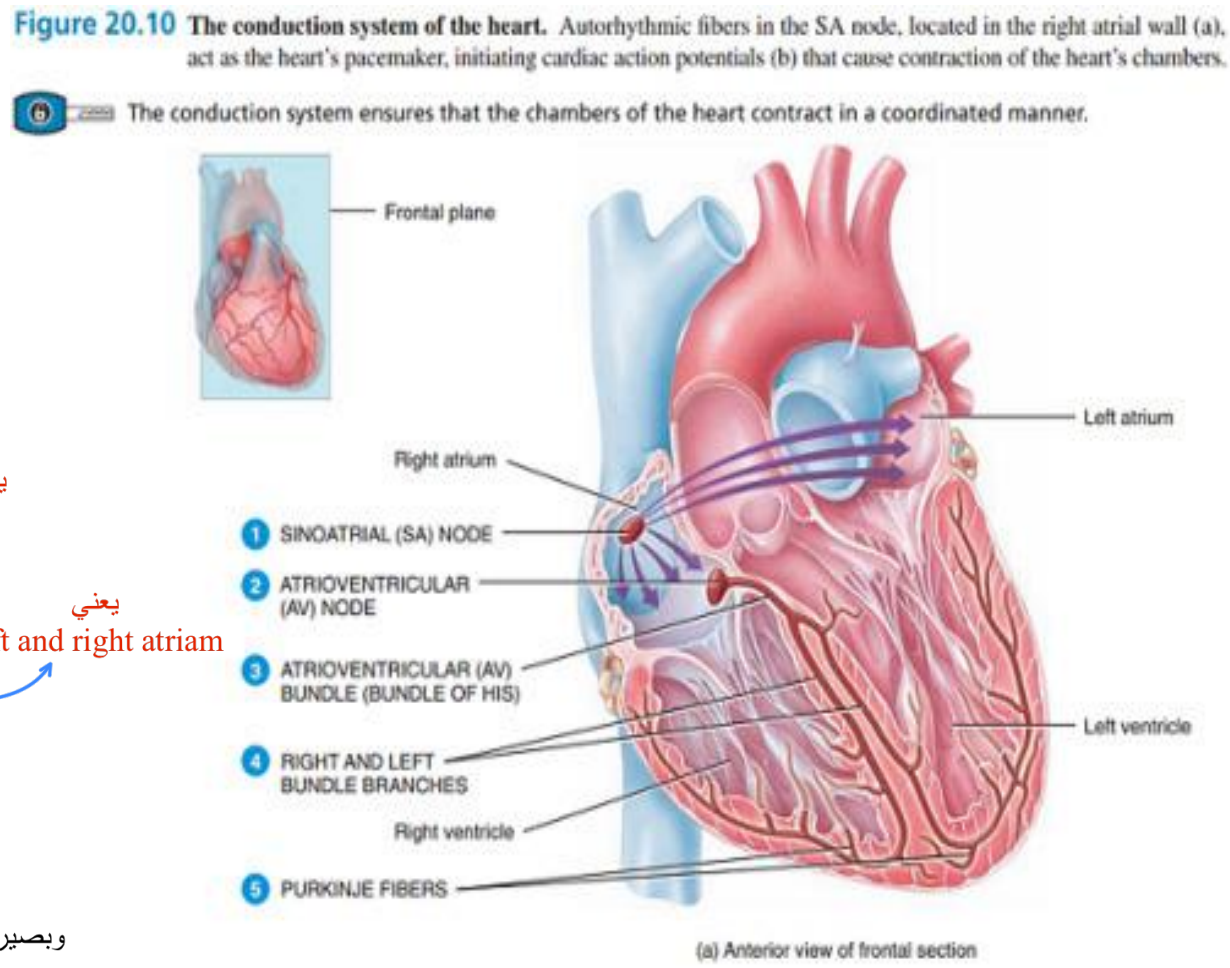
- **Cardiac excitation** normally **begins in the sinoatrial (SA) node.** اول خطوة



AUTORHYTHMIC FIBERS: THE CONDUCTION SYSTEM

يعني ما بتضلش ثابتة عند -70 mV مثلاً.

- **SA node cells do not have a stable resting potential.** Rather, they repeatedly depolarize to threshold spontaneously. **The spontaneous depolarization is a pacemaker potential.** بدل ذلك هي بتصعد لحالها شوي شوي بشكل تلقائي بدون أي محفز خارج هذا الصعود البطيء هو اللي بنسميه Pacemaker Potential
- When **the pacemaker potential reaches threshold**, it triggers an action potential. يوصل يثير **Each action potential from the SA node propagates throughout both atria via gap junctions in the intercalated discs of atrial muscle fibers. Following the action potential, the two atria contract at the same time.** ينتشر يعني left and right atriam وبصير انه left and right atriam بانقبضوا معًا بنفس الوقت

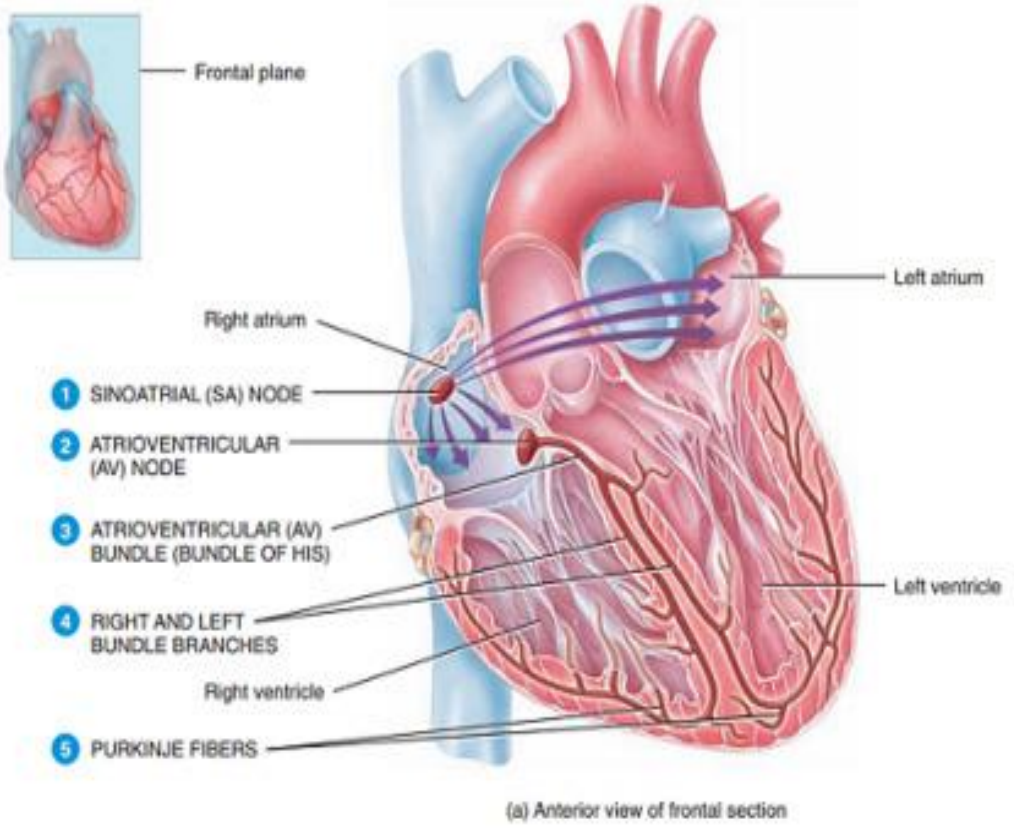


AUTORHYTHMIC FIBERS: THE CONDUCTION SYSTEM

- By conducting along atrial muscle fibers, the **action potential reaches the atrioventricular (AV) node.** ثاني خطوة بنوصل هون
- At the AV node, **the action potential slows** considerably as a result of various differences in cell structure in the AV node. This **delay provides time for the atria to empty their blood into the ventricles.** هذا التأخير بعطي atria وقت عشان يضخ كل الدم في ventricles

Figure 20.10 The conduction system of the heart. Autorhythmic fibers in the SA node, located in the right atrial wall (a), act as the heart's pacemaker, initiating cardiac action potentials (b) that cause contraction of the heart's chambers.

The conduction system ensures that the chambers of the heart contract in a coordinated manner.



(a) Anterior view of frontal section

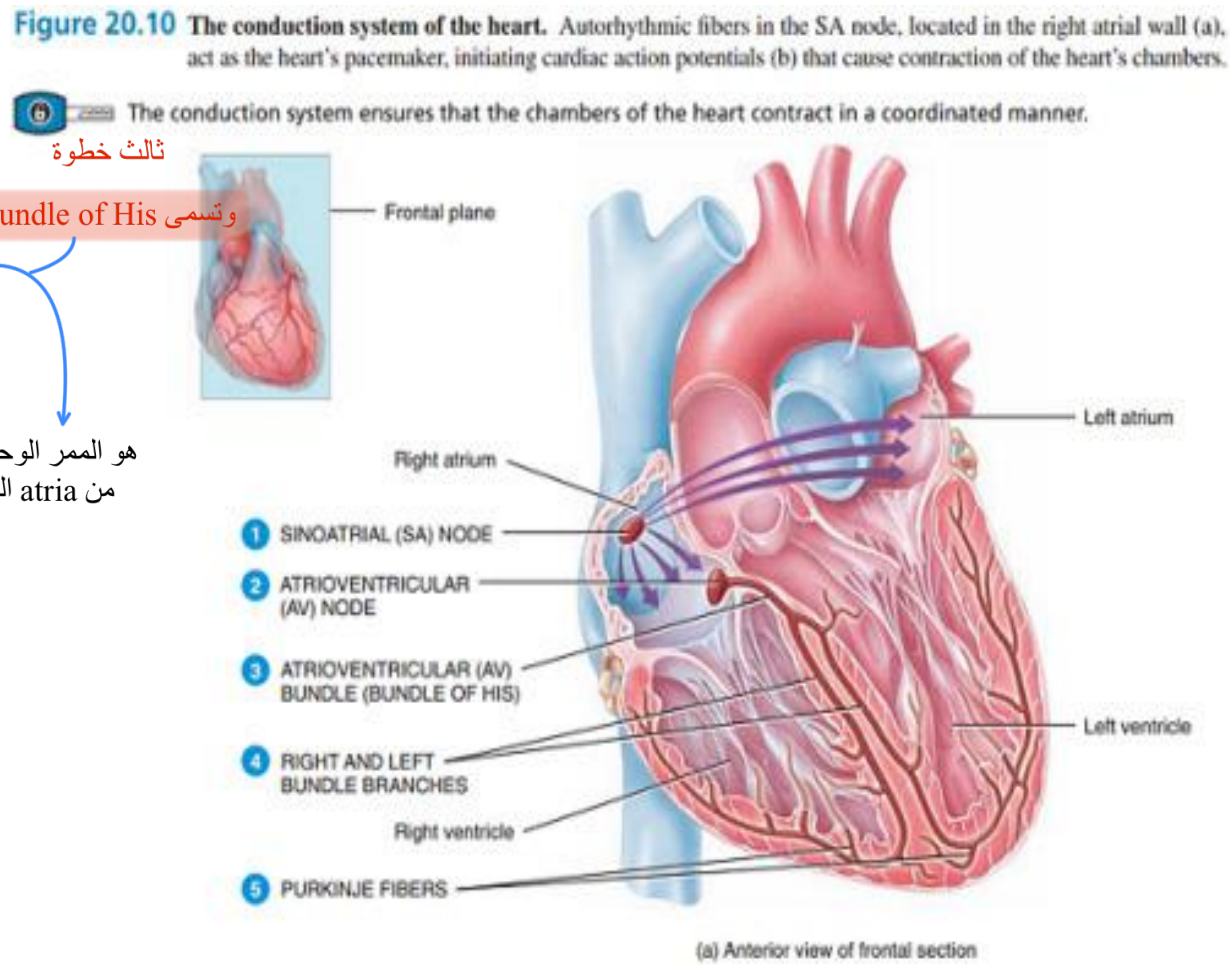
AUTORHYTHMIC FIBERS: THE CONDUCTION SYSTEM

- From the AV node, the action potential **enters the atrioventricular (AV) bundle**. **This bundle is the only site where action potentials can conduct from the atria to the ventricles.**
- After propagating through the AV bundle, the **action potential enters both the right and left bundle branches.**

ثالث خطوة

Bundle of His وتسمى

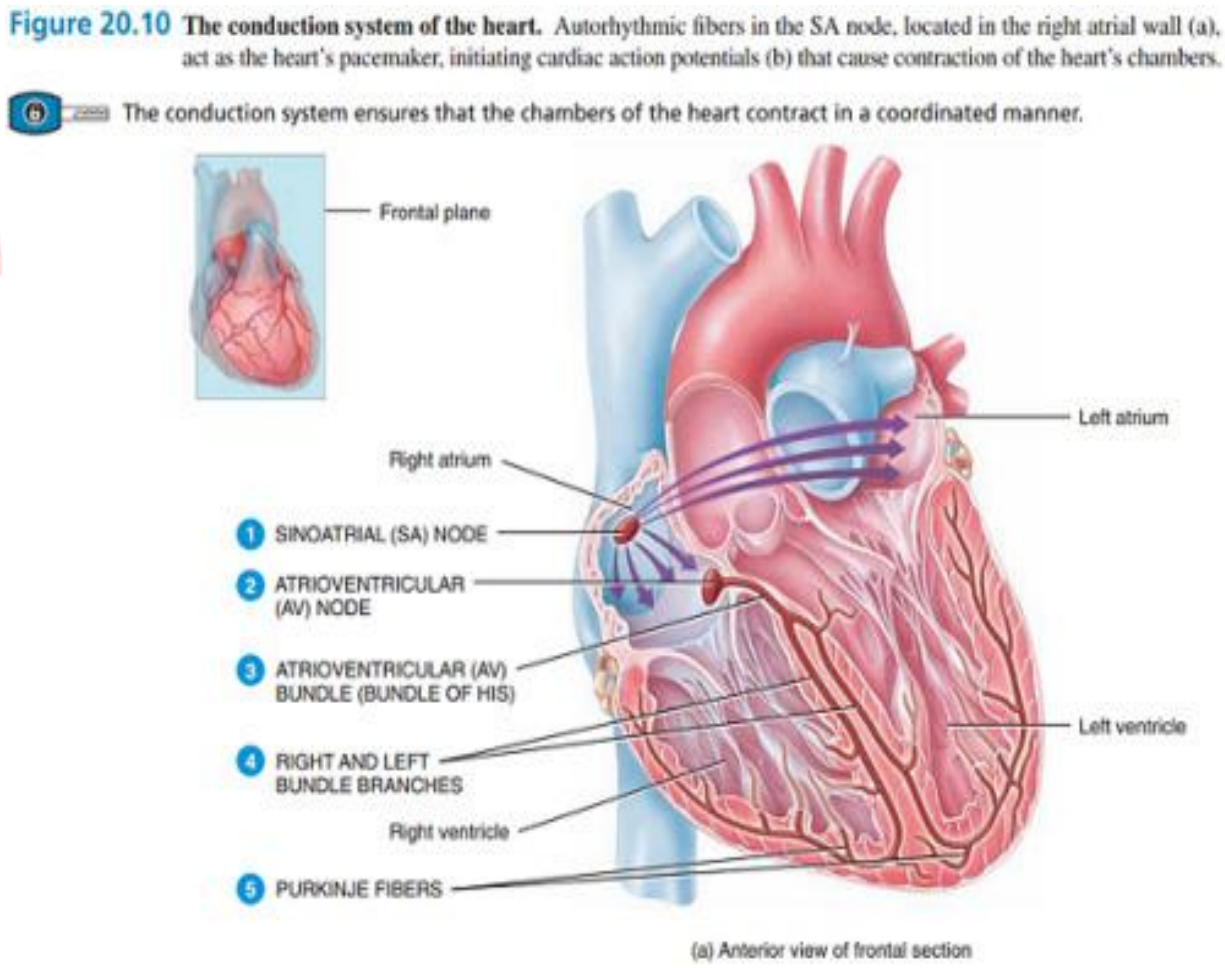
هو الممر الوحيد لانتقال الإشارة من atria الى ventricles



AUTORHYTHMIC FIBERS: THE CONDUCTION SYSTEM

اخر خطوة

- Finally, **the large-diameter Purkinje fibers** تنقل بسرعة rapidly conduct the action potential beginning at **the apex of the heart** قمة القلب upward to the remainder of the ventricular myocardium. **Then the ventricles contract, pushing the blood upward toward the semilunar valves.**



هسا عشان يصير في عنا contraction لازم يكون في عنا action potantial وعشان القلب في عندو Auto-rhythmicity يعني هو مكهرب وكل جزء فيه قادر على انتاج action potantial او سيلان عصبي لذلك في Conductive Pathway الذي يمر في اربع مراحل :

اولا - **SA node** هي عقدة موجودة على طرف right atrium تعمل على انتاج action potantial تسمى "Pacemaker of the heat"

ثانيا - ينتقل action potantial عبر gap junction الى عقدة اخرى موجودة بين atrium و ventricle تسمى **AV node**

ثالثا - وبعدين بطلع هذا action potantial الى الياف بتتفرع الى الجهة اليمين والشمال تسمى **Bundle of His**

رابعا - بعدين ينتقل الى الجهة اليمين والشمال من **Purkinje fibers**

سرعة action potabtial تعتمد على حجم أو Diameter of gap junction

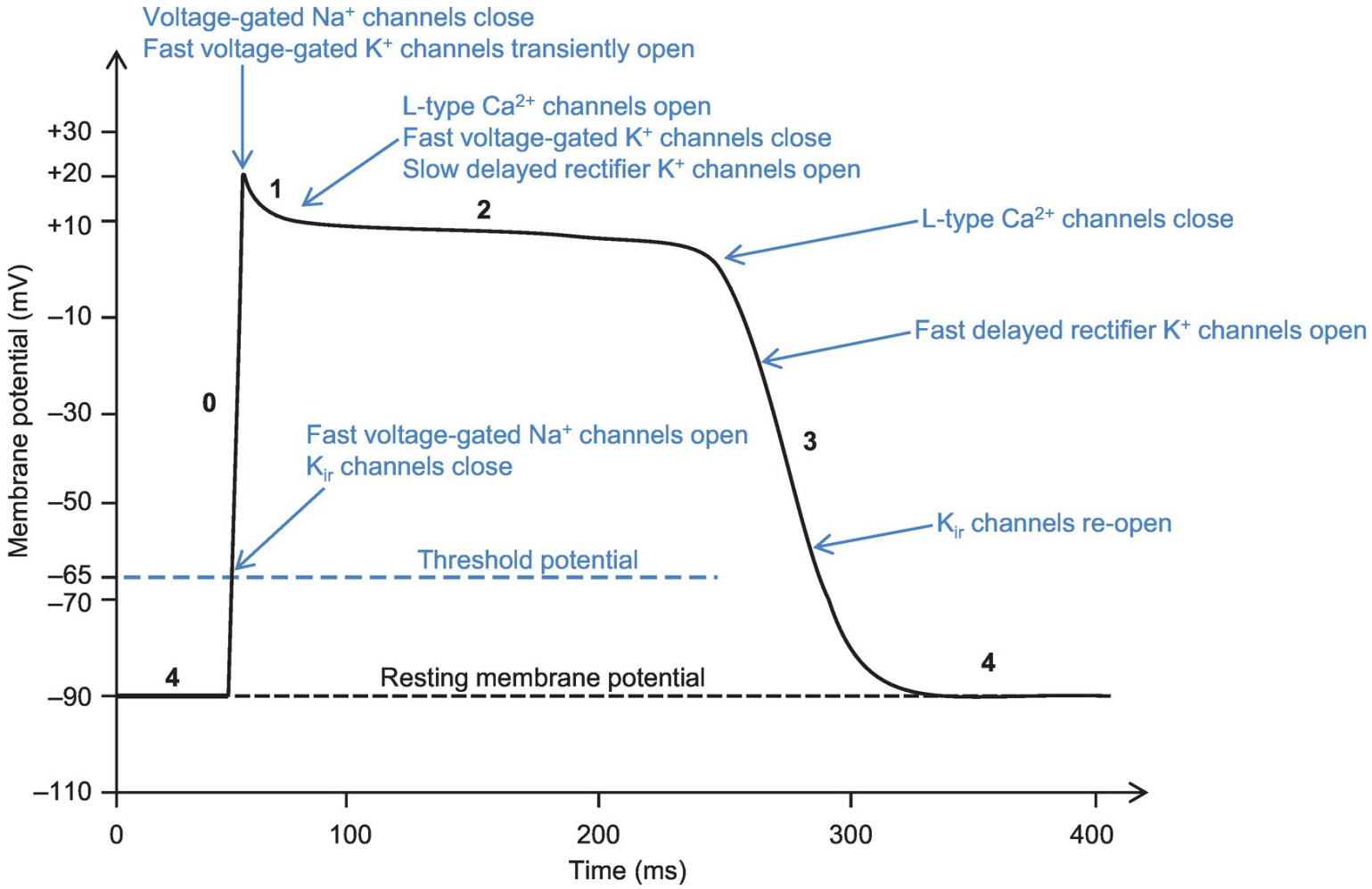
في **SA node** بتكون متوسطة medium

في **AV node** بتكون صغيرة small

في **Bundle of His** بتكون كبيرة

في **Purkinje fibers** بتكون أكبر

ACTION POTENTIAL AND CONTRACTION OF CONTRACTILE FIBERS



ACTION POTENTIAL AND CONTRACTION OF CONTRACTILE FIBERS

❖ Depolarization:

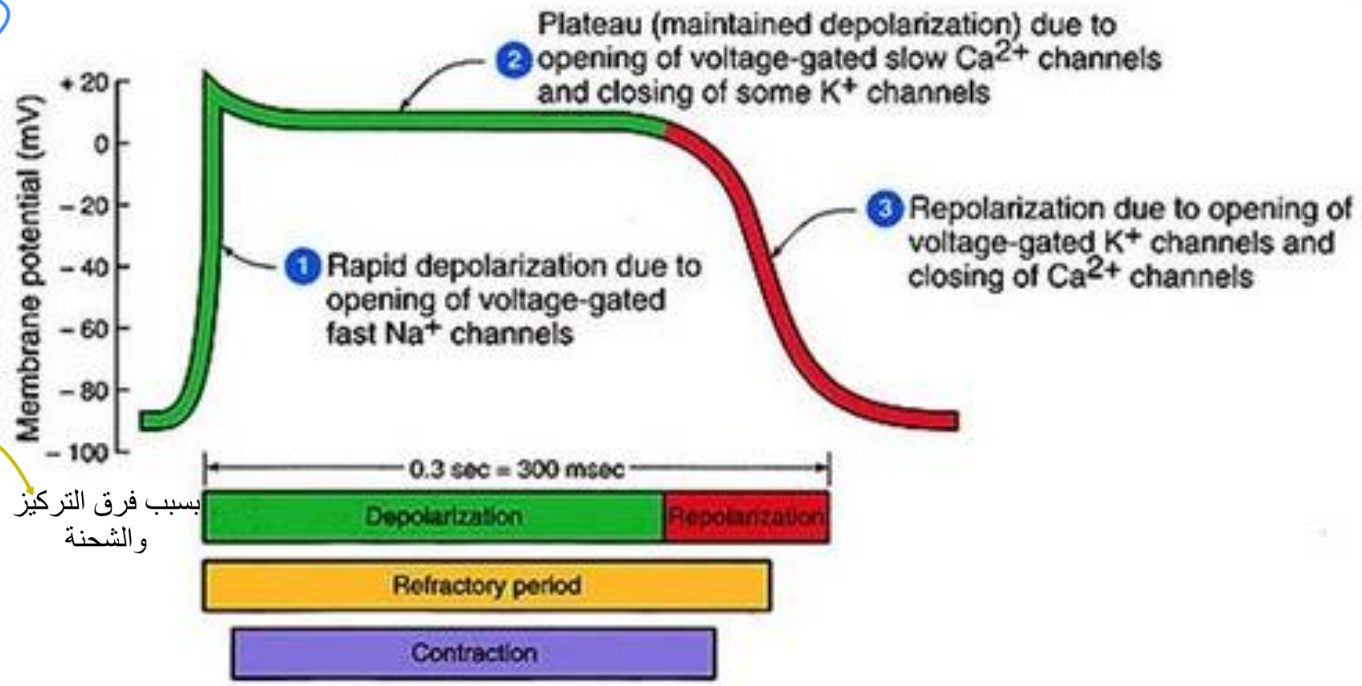
في نوعين من fibers في القلب

هذه اللي كانت في SA node

Unlike autorhythmic fibers, **contractile fibers have a stable resting membrane potential that is close to -90 mV.** When **a contractile fiber is brought to threshold by an action potential from neighboring fibers, its voltage-gated fast Na ion channels open. Inflow of Na ions down the electrochemical gradient produces a rapid depolarization. Within a few milliseconds, the fast Na ion channels automatically inactivate and Na ions inflow decreases.**

دخول أيونات الصوديوم Na^+ إلى داخل الخلية

بسبب فرق التركيز والشحنة



قنوات الصوديوم تتوقف تلقائيًا عن العمل inactivate
وبالتالي يقل دخول الصوديوم وينتهي طور الـ depolarization

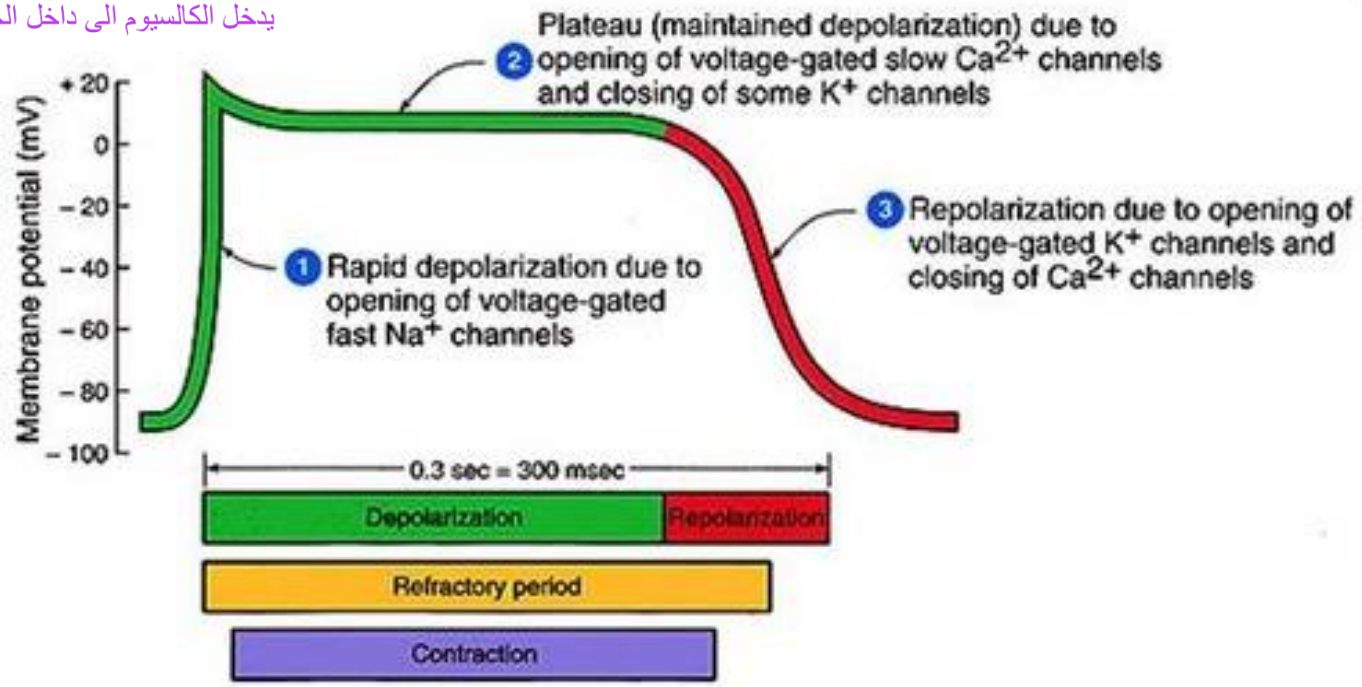
ACTION POTENTIAL AND CONTRACTION OF CONTRACTILE FIBERS

❖ **Plateau:** A period of maintained depolarization. It is due in part to **opening of voltage-gated slow calcium ions channels** in the sarcolemma. The increased calcium ions concentration in the cytosol ultimately **triggers contraction**. Several different types of voltage-gated **potassium ions channels** are also found in the sarcolemma of a contractile fiber (calcium ions inflow just balances potassium ions outflow).

يدخل الكالسيوم الى داخل الخليه

غشاء الخليه

يحفز الانقباضات



النتيجة ان الداخل يوازن الخارج

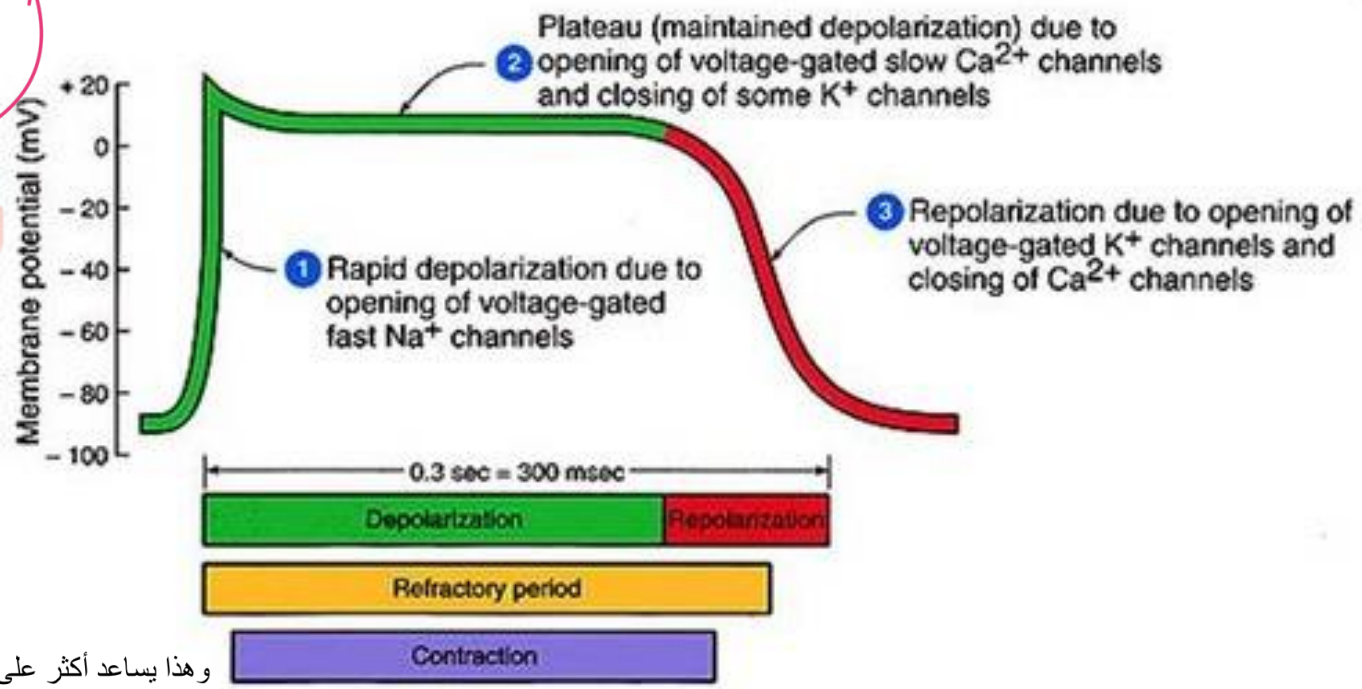
دخول Ca^{2+} يُعادِل خروج K^+

فما بصير انخفاض سريع في الجهد مثل باقي الخلايا هيك يبقى الجهد ثابتًا لفترة

ACTION POTENTIAL AND CONTRACTION OF CONTRACTILE FIBERS

فتح قنوات بوتاسيوم اضافية يخرج من الخلية بقوة

- **Repolarization:** After a delay (which is particularly prolonged in cardiac muscle), **additional voltage-gated potassium ions channels open**. Outflow of potassium ions restores the negative resting membrane potential (-90 mV). At the same time, the **calcium channels in the sarcolemma and the sarcoplasmic reticulum are closing**, which also contributes to repolarization.



وهذا يساعد أكثر على رجوع الجهد ليكون سلبيًا

خروج K^+ يحمل شحنة موجبة للخارج فيبصير داخل الخلية أكثر سلبية هذا يعيد الجهد نحو -90 mV

الدم لما ملء right atrium وleft atrium صار في عندك Depolarization كيف هيك وبعدين بتفتح قنوات الصوديوم
وبلش contraction وفتح Tricuspid valve و Bicuspid valve وبلش ملء right ventreicle و left ventreicle
والاشي المميز في عضله القلب كمان انه انه بس تسكر قنوات الصوديوم بتفتح قنوات الكالسيوم
وليش الكالسيوم ؟ عشان اضمن انه كل الدم الموجود في right atrium و left atrium كله طلع الى right ventreicle و
left ventreicle عن طريق اني تكون عمليه contraction اطول ولما ينتهي Depolarization ببلش اشي اسمه Plateau
Depolarization وهذا السبب انه حجم gap junction في AV node صغيرة عشان ما بدي action potantial ينتقل
بسرعة عشان ينتهي كل contractions وبعدين بتسكر قنوات الكالسيوم وبتفتح قنوات البوتاسيوم وبصير عنا
Repolarization

كمية الطاقة ATP التي تحتاجها عضلة القلب اكثر من العضلات الاخرى
والكالسيوم المخزن في عضله القلب اعلى من العضلات الاخرى عشان دائما تعمل

Action potantial

في الخلايا العصبية الاخرى

Resting Potential
-70v

Threshold
-55v

Depolarization
+35v

في الخلايا القلبية

Resting Potential
-90v

Threshold
-65v

Depolarization
+20v

ACTION POTENTIAL AND CONTRACTION OF CONTRACTILE FIBERS

- The **mechanism of contraction** is similar in cardiac and skeletal muscle:

- The electrical activity (**action potential**) leads to the **mechanical response (contraction)** after a short delay.

- As **calcium concentration rises inside a contractile fiber**, calcium ion binds to the regulatory protein troponin, which allows the **actin and myosin filaments to begin sliding past one another**, and tension starts to develop.

مع ارتفاع تركيز الكالسيوم

يرتبط أيون الكالسيوم بالبروتين troponin

مما يسمح لخيوط actin و mayosin بالانزلاق فوق بعضها البعض

- Substances that alter the movement of calcium ions through slow calcium ions channels influence the **strength of heart contractions**. Epinephrine, for example, increases contraction force by enhancing calcium ions flow into the cytosol.

تغير

تؤثر

- In muscle, **the refractory period** is the time interval during which a second contraction cannot be triggered. The refractory period of a cardiac muscle fiber lasts longer than the contraction itself . As a result, another contraction cannot begin until relaxation is well under way. **Their pumping function depends on alternating contraction (when they eject blood) and relaxation (when they refill).**

هي الفترة الزمنية اللي خلالها لا يمكن إثارة انقباض آخر مهما وصلت إشارة كهربائية.

يعني: الخلية بحاجة وقت لتستعيد قدرتها على الانقباض مجددًا.
لا يمكن أن يبدأ انقباض جديد قبل أن تبدأ الخلية بالاسترخاء

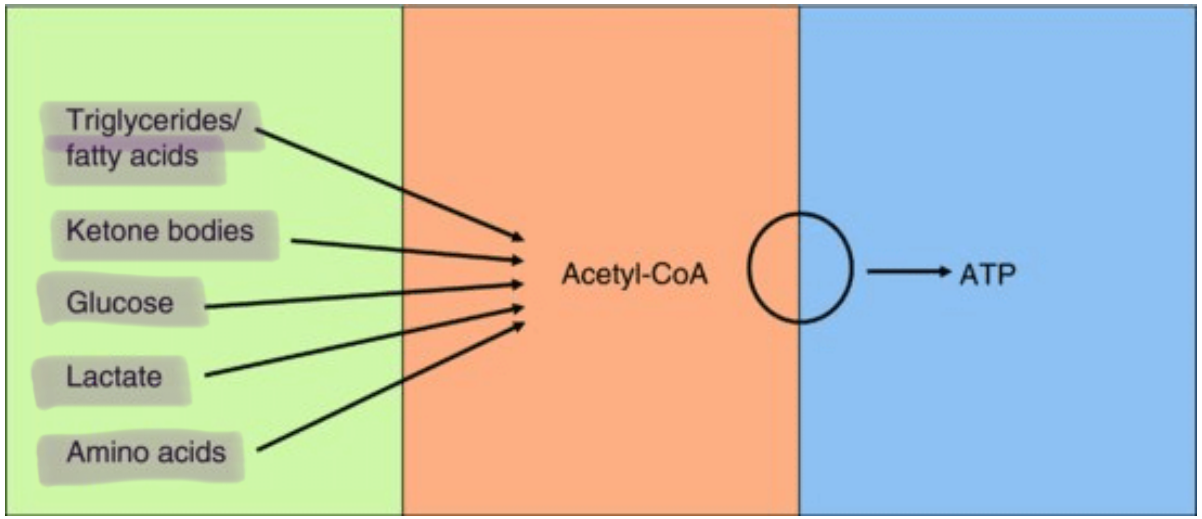
ATP PRODUCTION IN CARDIAC MUSCLE

تنتج عضلة القلب كمية قليلة من ATP

- **In contrast to skeletal muscle, cardiac muscle produces little of the ATP it needs by anaerobic cellular respiration.**

القلب يحتاج ATP للانقباض المستمر، ويبجي هذا الطاقة من الميتوكوندريا عن طريق أكسدة مواد مختلفة

- **Cardiac muscle fibers use several fuels to power mitochondrial ATP production. In a person at rest,** the heart's ATP comes mainly from oxidation of fatty acids (60%) and glucose (35%), with smaller contributions from lactic acid, amino acids, and ketone bodies. **During exercise**, the heart's use of lactic acid, produced by actively contracting skeletal muscles, rises.



ELECTROCARDIOGRAM

- **As action potentials propagate through the heart, they generate electrical currents** that can be detected at the surface of the body. An electrocardiogram, abbreviated either **ECG or EKG (from the German word Elektrokardiogram), is a recording of these electrical signals.**
- The instrument used to record the changes is an **electrocardiograph.** (والأداة المستخدمة لتسجيل التغيرات هي — جهاز تخطيط القلب)
- **By comparing these records with one another and with normal records, it is possible to determine:**

(1) if the conducting pathway is abnormal.

(2) if the heart is enlarged. متضخم

(3) if certain regions of the heart are damaged.

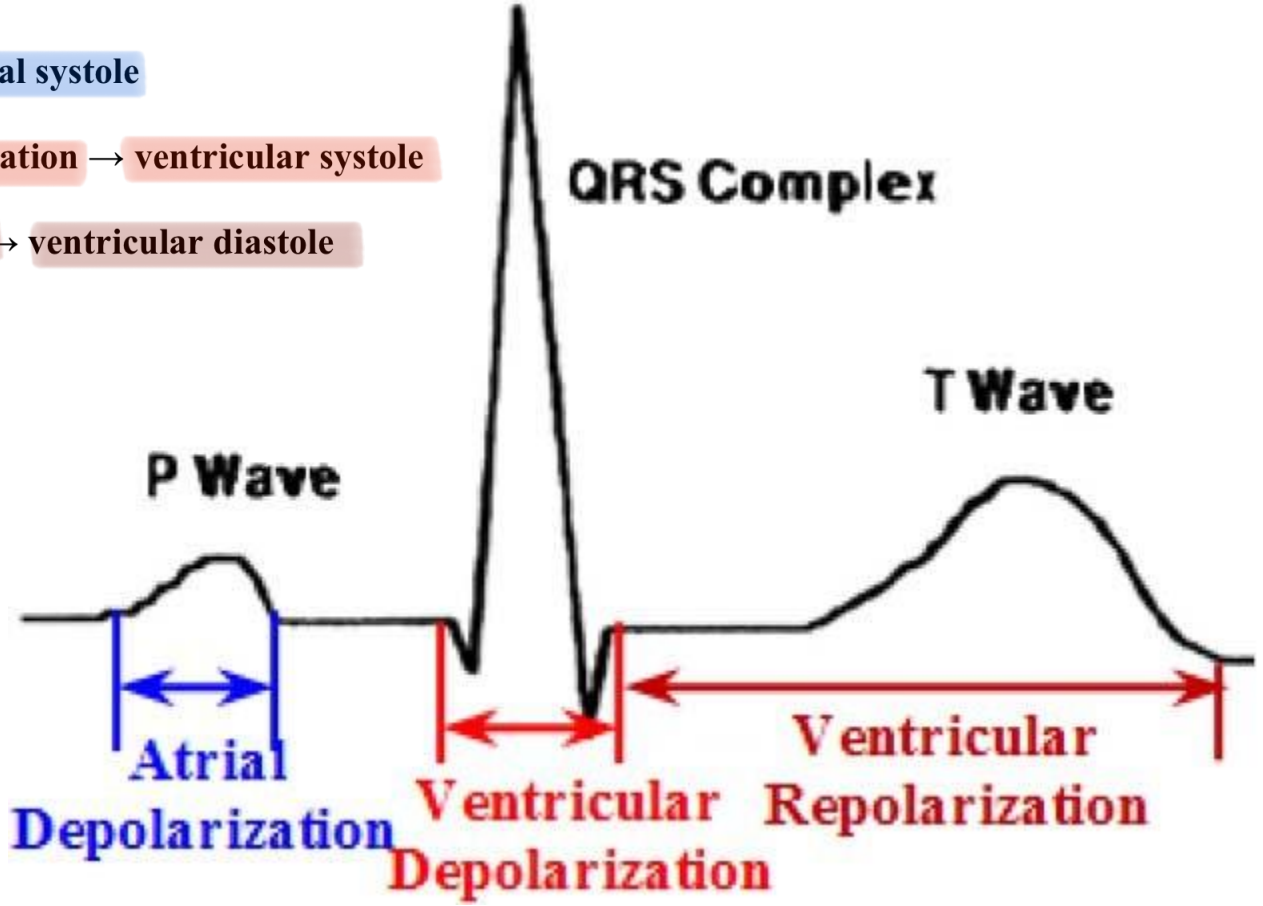
(4) the cause of chest pain.

ELECTROCARDIOGRAM

P wave → atrial depolarization → atrial systole

QRS complex → ventricular depolarization → ventricular systole

T wave → ventricular repolarization → ventricular diastole



في حالات مرضية Pathological Condition في ECG :

- في ناس عندهم بيكون عندهم P wave اطول يعني Depolarization طوله اكثر يعني بيكون عندهم تضخم Enlargement يا في احد atrium او في كليهما
- في ناس ما بتظهر QRS بلمرة وهذا لا يعني انه ما عندهم ventricle ، الطبيعي عدد ضربات القلب 70 الى 100 beat per minute بس اذا زاد كثير الى 180 و 200 بتكون حركة ventricle جدا سريعة لدرجة انه ECG ما بلحق يطلع QRS
- في ناس بطول على بيلما اتطلع QRS هدول الناس بيكون عندهم مشكله في AV node

ELECTROCARDIOGRAM

- In reading an ECG, the size of the **waves can provide clues to abnormalities.**

1. **Larger P waves** indicate enlargement of an atrium.
2. An **enlarged Q wave** may indicate a myocardial infarction.

موت جزء من عضلة القلب بسبب انقطاع إمداد الدم عن هذا الجزء

3. An **enlarged R wave** generally indicates enlarged ventricles.
4. The **T wave** is flatter than normal when the heart muscle is receiving insufficient oxygen—as, for example, in coronary artery disease. The T wave may be elevated in hyperkalaemia (high blood K ions level).

يوصل كمية غير كافية من الاكسجين

يرتفع

ELECTROCARDIOGRAM

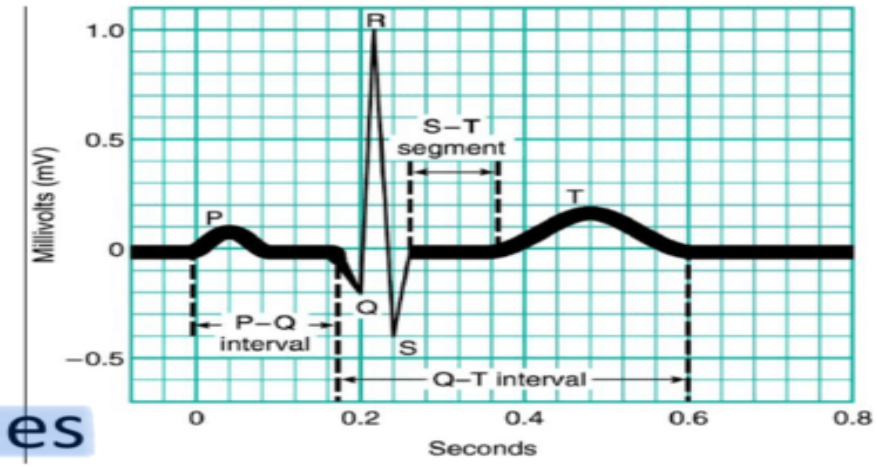
- **Analysis of an ECG also involves measuring the time spans between waves, which are called intervals or segments.**
- **P–Q interval** is the time from the beginning of the P wave to the beginning of the QRS complex. It represents the conduction time from the beginning of atrial excitation to the beginning of ventricular excitation.
- The **S–T segment**, which begins at the end of the S wave and ends at the beginning of the T wave, represents the time when the ventricular contractile fibers are depolarized during the plateau phase of the action potential.

ELECTROCARDIOGRAM

- The **Q–T interval** extends from the start of the QRS complex to the end of the T wave. It is the time from the beginning of ventricular depolarization to the end of ventricular repolarization.

The Electrocardiogram

- The major deflections and intervals in a normal ECG include:
  - P wave - atrial depolarization
  - P-Q interval - time it takes for the atrial kick to fill the ventricles
  - QRS wave - ventricular depolarization and atrial repolarization
  - S-T segment - time it takes to empty the ventricles before they repolarize (the T wave)



CORRELATION OF ECG WAVES WITH ATRIAL AND VENTRICULAR SYSTOLE

- The term **systole** refers to the phase of contraction.
- The phase of relaxation is **diastole**.

العلاقة بين تخطيط القلب الكهربائي (ECG) ومراحل انقباض وانبساط القلب

- **The ECG waves predict the timing of atrial and ventricular systole and diastole.**

- As the atrial contractile fibers depolarize, the P wave appears in the ECG.
- After the P wave begins, the atria contract (atrial systole).
- The action potential propagates (ينتشر بسرعة) rapidly again after entering the AV bundle. About 0.2 sec after onset of the P wave, it has propagated through the bundle branches, Purkinje fibers, and the entire ventricular myocardium.
- Contraction of ventricular contractile fibers (ventricular systole) begins shortly after the QRS complex appears and continues during the S–T segment.
- Repolarization of ventricular contractile fibers produces the T wave in the ECG about after the onset of the P wave.
- Shortly after the T wave begins, the ventricles start to relax (ventricular diastole). Ventricular repolarization is complete and ventricular contractile fibers are relaxed.

THE CARDIAC CYCLE: PRESSURE AND VOLUME CHANGES DURING THE CARDIAC CYCLE

- **Atrial Systole:**
  - Atrial depolarization causes atrial systole.
  - The ventricles are relaxed (The end of atrial systole is also the end of ventricular diastole (relaxation).

- **Ventricular Systole:**
  - The ventricles are contracting.
  - At the same time, the atria are relaxed.

الخلاصة انه واحد بشتغل systole وواحد بستريح diastole وبعدين العكس

Atrial Systole = ventricular diastole

Ventricular Systole = Atrial diastole

- **Relaxation Period:**
  - The atria and the ventricles are both relaxed.
  - Ventricular repolarization causes **ventricular diastole**.

وزي ما حكينا قبل انه في القلب Electrical synapses في خاصية synchronization والي هي انه كل الاجزء اليمين والشمال مع بعض بتشتغل بسرعة وبتزامن
يعني booth atrium بشتغلوا مع بعض والصمامات بشتغلوا مع بعض وbooth ventreicle وبشتغلوا مع بعض

حكينا انه SA node في right atrium ، طيب الجهة left الحزينة شو ما الها اشي ؟!
اكيد في حل، SA node يتشعب منها الياف fibers الى right atrium و left atrium وبعد right atrium بصير في Generation of Action Potential عن طريق SA node الي بعمل على right diastole وبنفس الوقت بكون في right and left ventricle diastole and left atrium systole

Figure 20.16 Phases of the Cardiac Cycle

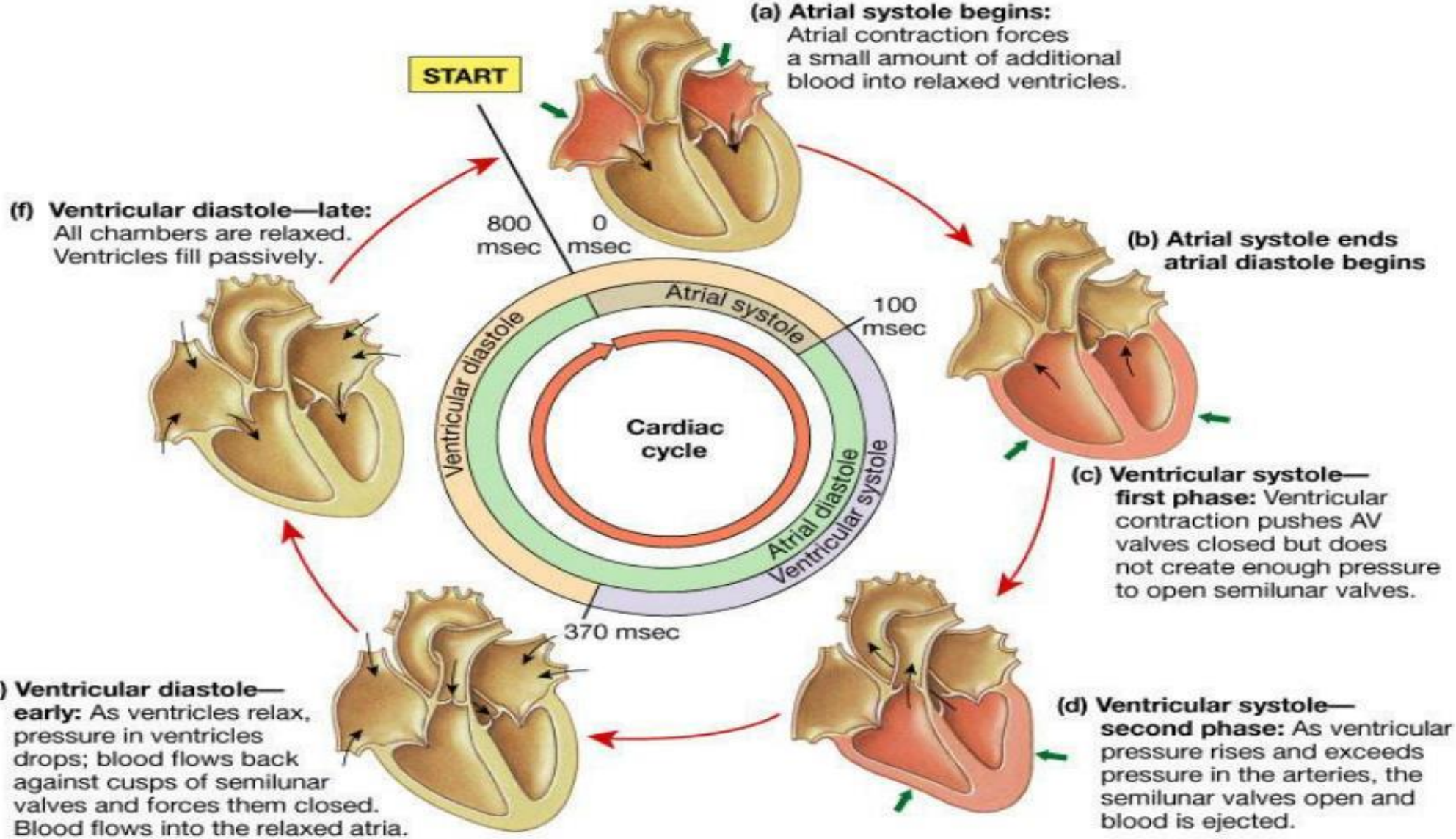
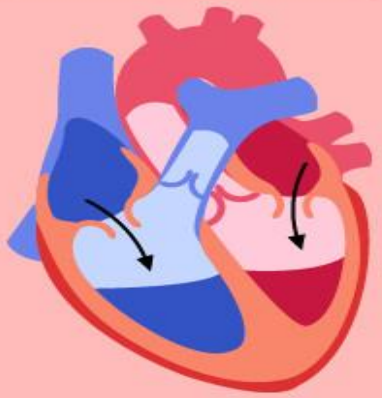


Figure 20.16

PHASES OF THE CARDIAC CYCLE

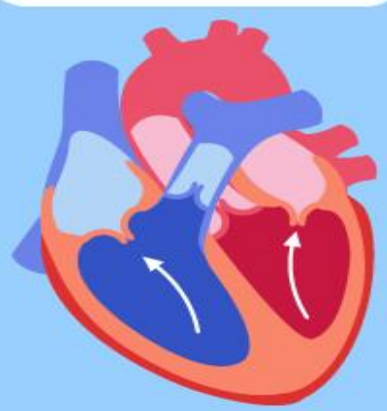
Atriole systole begins

Atrial contraction forces blood into ventricles



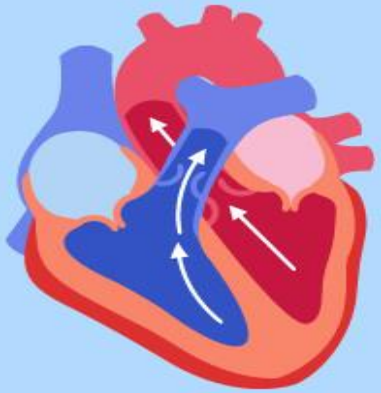
Ventricular systole (first phase)

Ventricular contraction pushes AV valves closed



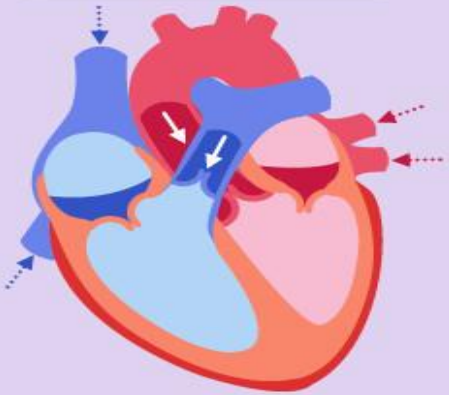
Ventricular systole (second phase)

Semilunar valves open and blood is ejected



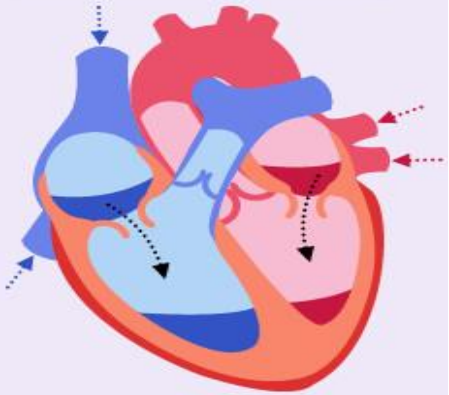
Ventricular diastole (early)

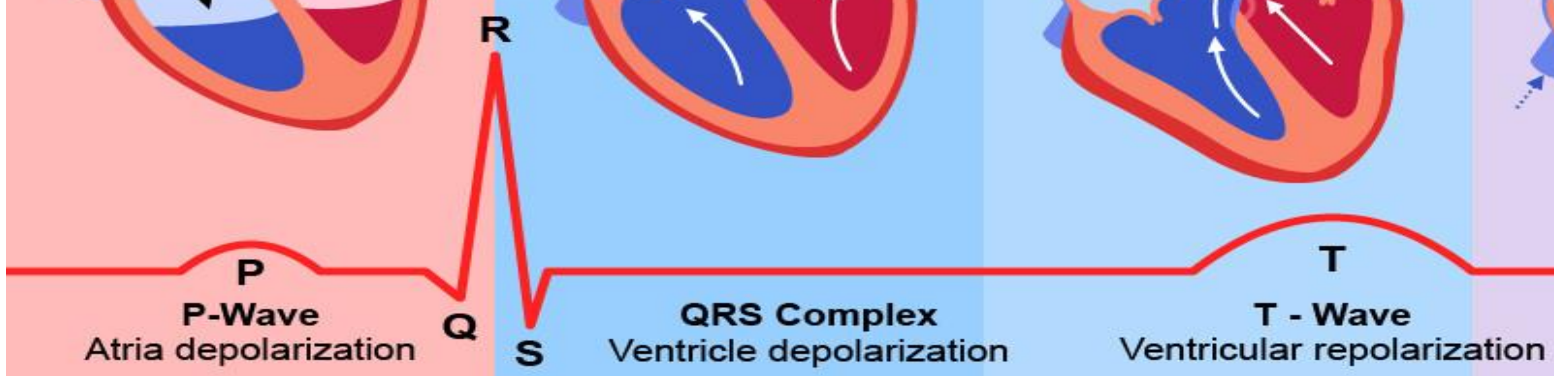
Semilunar valves close and blood flows into atria



Ventricular diastole (late)

Chambers relax and blood fills ventricles passively





P-Wave
Atria depolarization

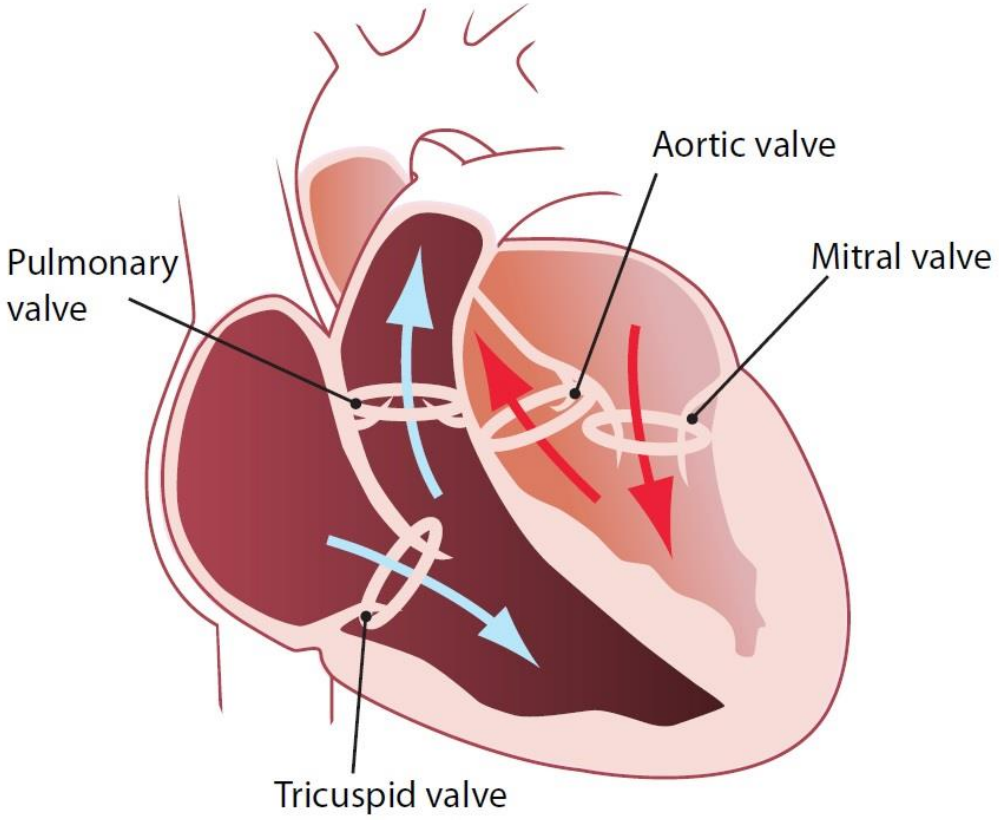
QRS Complex
Ventricle depolarization

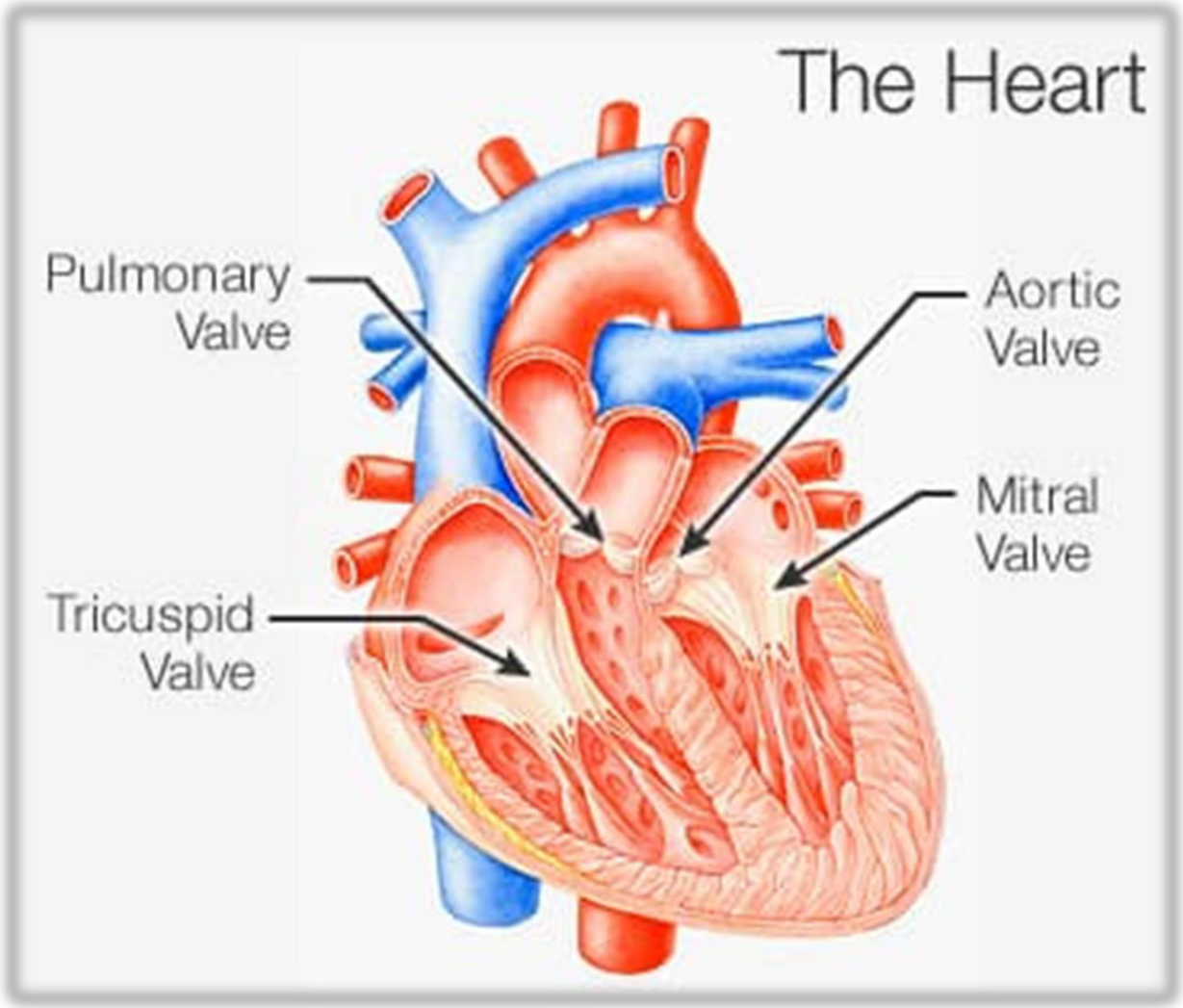
T - Wave
Ventricular repolarization

Atrial Diastole | **Atrial Systole** | **Atrial Diastole**

Ventricular Diastole | **Ventricular Systole** | **Ventricular Diastole**

HEART VALVES





HEART SOUNDS

التسمع

وهو عملية الاستماع إلى الأصوات داخل الجسم، يتم عادةً باستخدام

- Auscultation, the act of listening to sounds within the body, is usually done with a stethoscope. سماعة الطبيب

دائما بنسمع صوتين واضحات الي هم S1 و S2

- During each cardiac cycle, there are four heart sounds, but in a normal heart only the first and second heart sounds (S1 and S2) are loud enough to be heard through a stethoscope.

Atrioventricular Valves (AV Valves)

صوت هذا بطلع لما يسكر الصمامات valves بين atrium و ventricle الي هم Tricuspid and Bicuspid valves

اكثر صوتين واضحات

- **The first sound (S1),** which can be described as **a lubb sound**, is louder and a bit longer than the second sound. S1 is caused by blood turbulence **associated with closure of the AV valves soon after ventricular systole begins**.

صوت بطلع لما يسكر الصمامات aortic and pulmonary valves الي بنسميهم semilunar valves

- **The second sound (S2),** which is shorter and not as loud as the first, can be described as a **dupp sound**. S2 is caused by blood turbulence **associated closure of the semilunar (aortic and pulmonary) valves valves at the beginning of ventricular diastole**.

هذا الصوت ممكن يكون طبيعي زي واحد لاعب رياضية او مش طبيعي

- Normally not loud enough to be heard, **S3** is due to blood turbulence during **rapid ventricular filling**, and **S4** is due to blood turbulence during **atrial systole**

بس هذا الصوت دائما مش طبيعي

معلومة على الطاير
لو في واحد عند حالة مرضية وطلع عنده الاصوات الاربعة بيكون الترتيب
S4
S3
S1
S2

Heart sounds

- Auscultation – listening to heart sound via stethoscope
- Four heart sounds
  - S_1 – "lubb" caused by the closing of the AV valves
  - S_2 – "dupp" caused by the closing of the semilunar valves
  - S_3 – a faint sound associated with blood flowing into the ventricles

صوت خافت

  - S_4 – another faint sound associated with atrial contraction

CARDIAC OUTPUT

مخرجات القلب

- **Cardiac output (CO) is the volume of blood ejected from the left ventricle (or the right ventricle) into the aorta (or pulmonary trunk) each minute.** Cardiac output equals the stroke volume (SV), the volume of blood ejected by the ventricle during each contraction, multiplied by the heart rate (HR), the number of heartbeats per minute:

خرج

الى

$$\text{CO (mL/min)} = \text{SV (mL/beat)} \times \text{HR (beats/min)}$$

الفرق بين cardiac output لشخص بيعمل cardiac output من exercise تمارين وهو في فترة الراحة

- **Cardiac reserve** is the **difference between a person's maximum cardiac output and cardiac output at rest.** The average person has a cardiac reserve of four or five times the resting value.

cardiac output في فترة التمارين بيزيد بمقدار اربع او لخمس مرات اكثر من فترة الراحة و

REGULATION OF STROKE VOLUME

- **A healthy heart will pump out the blood that entered its chambers during the previous diastole.**

الي هي حكينا كمية الدم التي يضخها ventricle في كل انقباضة

علاقة طردية
كلما زاد الامتلاء بالدم قبل الانقباض ⬅ زاد التمدد ⬅ يزداد SV

ثلاث عوامل

تتأكد

- **Three factors regulate stroke volume and ensure that the left and right ventricles pump equal volumes of blood**: (1) **preload**, the degree of stretch on the heart before it contracts; (2) **contractility**, the forcefulness of contraction of individual ventricular muscle fibers; and (3) **afterload**, the pressure that must be exceeded before ejection of blood from the ventricles can occur.

علاقة طردية
كلما كانت قوة الانقباض أكبر ⬅ يزداد SV

قوة الانقباضات

العلاقة عكسية
كلما زاد الضغط في الشريان ⬅ يكون من الصعب على ventricle أن يضخ الدم ⬅ يقل SV

هو الضغط الذي يجب تجاوزه حتى يخرج الدم من ventricle

هي كمية الدم التي من المتوقع ان يتم تعبأتها قبل في chambers of the heart زي ventricles او atrium

PRELOAD: EFFECT OF STRETCHING

- Within limits, the more the heart fills with blood during diastole, the greater the force of contraction during systole. This relationship is known as the Frank–Starling law of the heart.

لو زاد venous return بيزيد perload وبتزيد contractions وبيزيد stroke volume وهيك بيزيد cardiac output وفي end-diastolic volume (EDV) بيكون اعلى

- The preload is proportional to the end-diastolic volume (EDV), (the volume of blood that fills the ventricles at the end of diastole). Normally, the greater the EDV, the more forceful the next contraction.

وهو حجم الدم في ventricle في نهاية diastole

- **Two key factors determine EDV: (1) the duration of ventricular diastole and (2) venous return, the volume of blood returning to the right ventricle.**

المدة الي كان مسموح لها chamber تعمل diastole

طردي

طردي

هي كمية الدم الراجعة من superior vena cava SVC and inferior vena cava IVC الى right atrium والتي بعدها تنتقل إلى right ventricle

CONTRACTILITY

- **Myocardial contractility**, the strength of contraction at any given preload.

- Substances that increase contractility are **positive inotropic agents (promote calcium ions inflow during cardiac action potentials)**, those that decrease contractility are **negative inotropic agents (reducing calcium ions inflow)**.

زيادة

تقليل

AFTERLOAD

الدم يتحرك دائمًا من منطقة الضغط العالي إلى الضغط المنخفض

ضغط right venticle يجب أن يتجاوز ضغط الشريان الرئوي حتى تُفتح Pulmonary valve ويخرج الدم إلى الرئة

- Ejection of blood from the heart begins when pressure in the right ventricle exceeds the pressure in the pulmonary trunk, and when the pressure in the left ventricle exceeds the pressure in the aorta.

ضغط left ventricle يجب أن يتجاوز ضغط الشريان الأورطي حتى تُفتح aortic valae ويخرج الدم إلى الجسم

الي هم نفسهم نوعين Pulmonary valve و aortic valve

- **At that point, the higher pressure in the ventricles causes blood to push the semilunar valves open. The pressure that must be overcome before a semilunar valve can open is termed the afterload.**

يُطلق على الضغط الذي يجب التغلب عليه قبل أن يتمكن هذا الصمامات من الفتح

الحالات

ارتفاع ضغط الدم

- **Conditions that can increase afterload** include hypertension (elevated blood pressure) and narrowing of arteries by atherosclerosis.

وتضييق الشرايين بسبب تصلب الشرايين

تنظيم معدل ضربات القلب

REGULATION OF HEART RATE

Autonomic Regulation of Heart Rate:

هذا المركز يتحكم في ضربات القلب

- **Nervous system regulation of the heart originates in the cardiovascular center in the medulla oblongata**. The cardiovascular center then directs appropriate output by increasing or decreasing the frequency of nerve impulses in both the **sympathetic and parasympathetic branches of the ANS.**

عن طريق — هذا بيزيد معدل ضربات القلب — وهذا بقلل عدد ضربات القلب

- **Proprioceptors** that are monitoring the position of limbs and muscles send nerve impulses at an increased frequency to the cardiovascular center.

تراقب وضع الأطراف والعضلات

- Proprioceptor input is a major stimulus for the quick rise in heart rate that occurs at the onset of physical activity.
- Other sensory receptors that provide input to the cardiovascular center include **chemoreceptors**, which monitor chemical changes in the blood, and **baroreceptors**, which monitor the stretching of major arteries and veins caused by the pressure of the blood flowing through them. Important baroreceptors located in the arch of the aorta and in the carotid arteries.

التي تراقب التغيرات الكيميائية في الدم

التي ترصد تمدد الشرايين والأوردة الرئيسية الناتج عن ضغط الدم المتدفق عبرها

REGULATION OF HEART RATE

- **Autonomic Regulation of Heart Rate:**

❖ **Through the sympathetic cardiac accelerator nerves:** In SA (and AV) node fibers, norepinephrine **speeds the rate of spontaneous depolarization** so that these pacemakers fire impulses more rapidly and heart rate increases; in contractile fibers throughout the atria and ventricles, norepinephrine **enhances calcium ions entry through the voltage-gated slow calcium ions channels**, thereby increasing contractility.

❖ **Through Parasympathetic nerve impulses reach the heart via the right and left vagus (X) nerves:** Vagal axons terminate in the SA node, AV node, and atrial myocardium. They release acetylcholine, which **decreases heart rate by slowing the rate of spontaneous depolarization in autorhythmic fibers.** As only a few vagal fibers innervate ventricular muscle, changes in parasympathetic activity have little effect on contractility of the ventricles.

CHEMICAL REGULATION OF HEART RATE

1. Hormones: Epinephrine and norepinephrine (from the adrenal medullae) enhance the heart's pumping effectiveness. These hormones affect cardiac muscle fibers in much the same way as does norepinephrine released by cardiac accelerator nerves—they increase both heart rate and contractility. One sign of hyperthyroidism (excessive thyroid hormone) is tachycardia, an elevated resting heart rate.
2. Cations.: Given that differences between intracellular and extracellular concentrations of several cations (for example, sodium and potassium ions) are crucial for the production of action potentials in all nerve and muscle fibers. Elevated blood levels of potassium ions or sodium ions decrease heart rate and contractility. **Excess sodium ions** blocks calcium inflow during cardiac action potentials, thereby **decreasing the force of contraction**, whereas **excess potassium ions blocks generation of action potentials**. A moderate **increase in interstitial (and thus intracellular) calcium ions level speeds heart rate and strengthens the heartbeat.**

Chemical Regulation of Heart Rate

في الغدة الدرقية thyroid glande
تعمل على افراز هرمونات الغدة الدرقية الي هم الي بنسميهم T3 و T4 هدول بس يزيدو بتزيد عمليات الايض يعني بيزيد contractility وبيزيد heart rate يعني tachycardia و بيكون عند هدول الناس hyperthyroidism وبيكون عندهم تعرق بزيادة وفقدان الوزن ومتوتر ومعصب

وكمان في Cations الي هي الايونات الي شحنتها موجبة مثل الصوديوم و الكالسيوم والبوتاسيوم ومغنيسيوم:

الكالسيوم Ca^{2+} بيزيد contractility و بيزيد heart rate

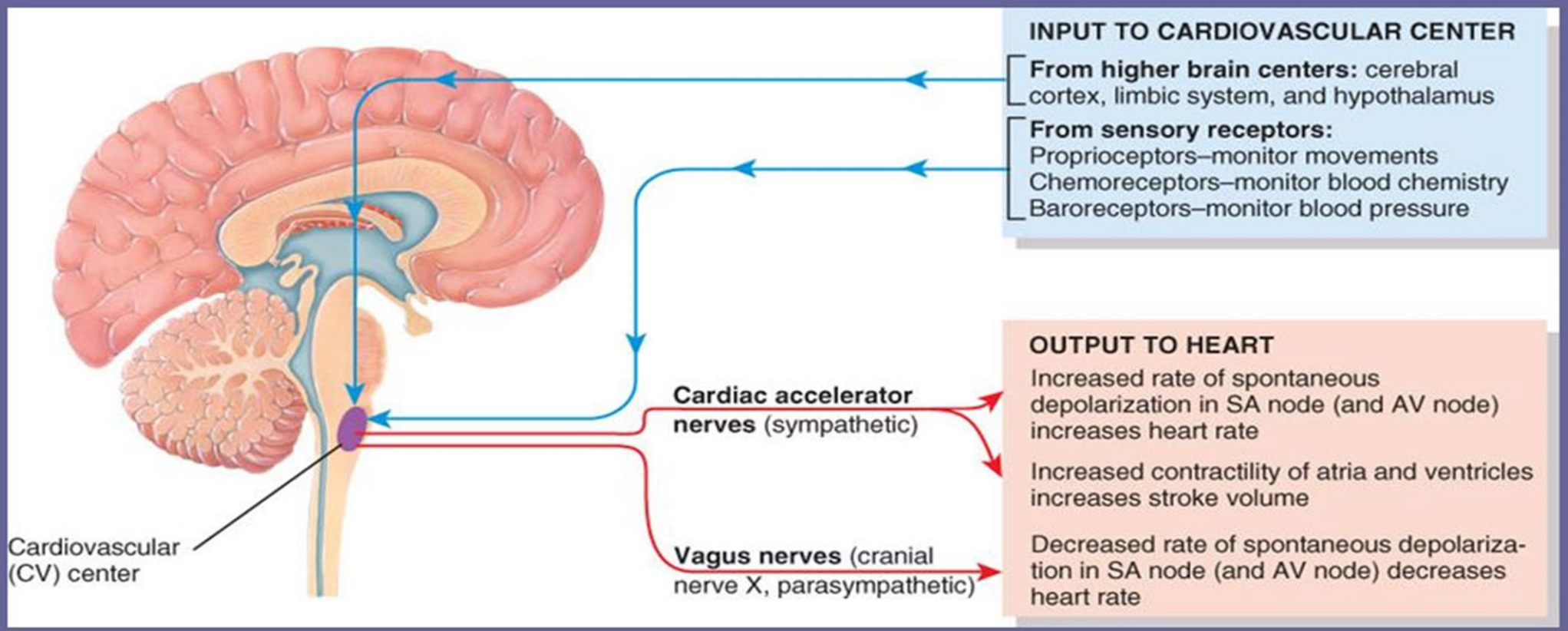
البوتاسيوم K^{+} بقل contractility وبقل heart rate

الصوديوم Na^{+} بقل contractility وبقل heart rate

هسا احنا نحتاج عشان انقباض العضلات الكالسيوم وATP وactin وmyosin وترتيب فتح القنوات لما يصير في action potantial هو انه في احدى الخطوات بتفتح قنوات الصوديوم وبصير مرحلة Depolarization وبعدين اغلاقها وفتح قنوات الكالسيوم بصير في مرحلة Plateau وبصير في عنا Contraction

وبعد كل هذا الرغي يعني لو تأخر اغلاق قنوات الصوديوم وبالتالي تأخير فتح قنوات الكالسيوم وبالتالي contractility اقل

Regulation of Heart Rate



OTHER FACTORS IN HEART RATE REGULATION

- Age, gender, physical fitness, and body temperature also influence resting heart rate.

- **A physically fit person may even exhibit bradycardia, a resting heart rate under 50 beats/min.**

Bradycardia الي بيكون عدد ضربات قلبه اقل من 70 يسمى
Tachycardia والي بيكون عدد ضربات قلبه اعلى من 100 يسمى

أثناء جراحة تشوهات القلب

- During surgical repair of certain heart abnormalities, it is helpful **to slow a patient's heart rate by hypothermia**, in which the person's body is deliberately cooled to a low core temperature.

إبطاء معدل ضربات قلب المريض عن طريق خفض درجة حرارة الجسم، حيث يتم تبريد جسم الشخص عمدًا إلى درجة حرارة منخفضة في القلب.

HELP FOR FAILING HEARTS

زراعة القلب

- **Cardiac transplantation** is the replacement of a severely damaged heart with a normal heart from a brain-dead or recently deceased donor.

هي استبدال قلب متضرر بشدة بقلب طبيعي من متبرع ميت دماغيًا أو متوفى حديثًا.

- **Cardiac transplants are performed on patients with end-stage heart failure or severe coronary artery disease.**

THANK YOU

AMJADZ@HU.EDU.JO